

BAB III

LANDASAN TEORI

Dalam landasan teori ini penulis ingin mengemukakan dan menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang dapat menjelaskan konsep-konsep dasar yang berhubungan dengan masalah penelitian yang ada.

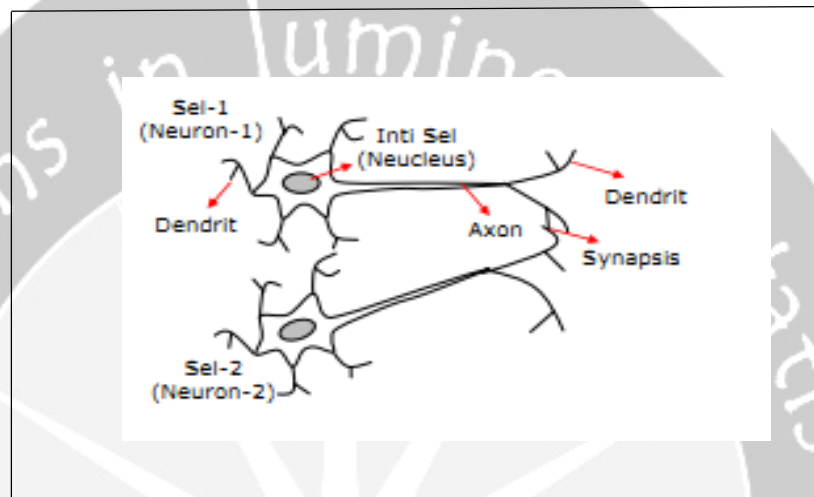
3.1. Artificial Intelligence (Kecerdasan Buatan)

Artificial Intelligence adalah suatu pengetahuan dalam menyelesaikan masalah yang dilakukan dengan memprediksi atau memperkirakan serta memanipulasi dengan cara memahaminya (Norvig, 1995), Artificial Intelligence dirancang untuk melakukan penyelesaian dengan suatu algoritma seperti pola pikir atau otak manusia dalam menjalankan, memutuskan dan menyelesaikan masalah yang ada (Coppin, 2004). Adapun yang mengatakan bahwa Artificial Intelligence adalah suatu bagian dari ilmu komputer dimana tersusun pada jaringan syaraf tiruan (JST), logika fuzzy, dan algoritma evolutionary (Tahmasb, 2014).

3.2. Neural Network (Jaringan Syaraf Tiruan)

Neural Network adalah suatu cabang dari sistem Artificial Intelligence (Norvig, 1995) serta merupakan sebuah jaringan dari hubungan proses-proses elemen (neuron) yang beroperasi secara paralel (Al-Shayea, 2011). Dengan kata lain Neural Network adalah suatu sistem yang memiliki karakteristik tersendiri

dalam memproses suatu informasi untuk menyelesaikan masalah yang ada (Siang, 2009). Penggunaan istilah buatan pada Neural Network dilakukan karena pengimplementasian untuk menyelesaikan suatu proses pembelajaran dengan suatu perhitungan pada program komputer (Fausett, 1994).



Gambar 3.1. Susunan Syaraf Manusia (Fausett, 1994)

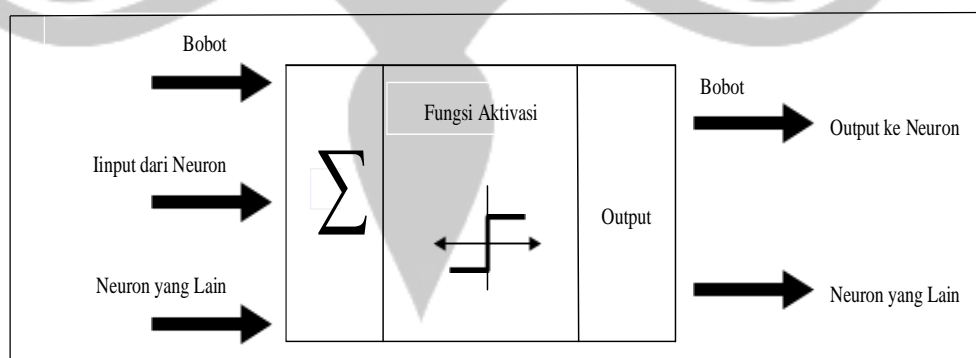
Gambar diatas menunjukkan susunan syaraf pada manusia. Sama seperti pemikiran atau otak manusia dimana neural network terdiri dari beberapa neuron yang saling memiliki hubungan satu sama lainnya. Beberapa neuron akan melakukan perubahan informasi melalui sambungan keluarannya menuju neuron lainnya (Hermawan, 2006). Ada 3 komponen dari neuron yaitu axon, dendrit dan soma. Pada ketiga neuron tersebut impuls sinyal elektrik dilakukan dengan proses kimiawi melalui celah sinaptik. Threshold merupakan jumlah sinyal yang kuat serta melebihi ambang batas maka threshold diteruskan ke sel yang lain dengan axon. Sinyal frekuensi antara sel yang satu dengan yang lainnya berbeda. Ada 2 hal dalam sistem fault tolerant neuron biologi yaitu : sinyal input yang dapat dikenali manusia walaupun berbeda sinyal yang pertama diterima sebelumnya. Kedua, walaupun

neuronnya tidak maksimal atau tidak bekerja dengan baik tetapi otak manusia dapat bekerja dengan baik. Jika ada neuron yang mengalami kerusakan, maka neuron yang lain bisa dilatih agar fungsi sel yang rusak bisa diubah dalam keadaan yang baik (Siang, 2009).

Sistem Neural Network (JST) ditentukan oleh 3 karakteristik utama yaitu :

1. Arsitektur Jaringan : Suatu pola yang menghubungkan antara neuron. Hubungan antara neuron-neuron inilah yang membentuk suatu jaringan.
2. Algoritma Jaringan : Metode untuk menentukan suatu bobot penghubung.
3. Fungsi Aktivasi : Merupakan fungsi untuk menentukan nilai keluaran berdasarkan nilai total masukan pada neuron.

Menurut (Hermawan, 2006) sama hal dengan pemikiran dan otak manusia, neural network terdiri dari neuron, yang mempunyai hubungan antara satu sama lainnya. Neuron itu akan melakukan suatu perubahan terhadap informasi dengan keluarannya menuju neuron yang lain.



**Gambar 3.2. Struktur Neuron Jaringan Syaraf Tiruan
(Kusumadewi, 2010)**

Masukan dari suatu informasi dikirim dengan bobot tertentu pada neuron yang diproses dengan masukan sebuah fungsi merambat untuk menjumlahkan nilai pada semua bobot yang akan diproses. Dari penjumlahan ini akan dilakukan suatu perbandingan nilai threshold (ambang) terhadap fungsi aktivasi untuk setiap neuron. Ketika masukan yang telah melewati nilai threshold (ambang) tersebut maka neuronnya akan diaktifkan kembali, dan apabila telah diaktifkan kembali maka neuron tersebut akan melakukan pengiriman terhadap keluaran pada bobot-bobot ke semua neuron yang saling berhubungan.

Dalam neural network (JST), suatu neuron akan ditaruh pada lapisan neuron, dimana lapisan ini disebut lapisan neuron dan lapisan ini akan dihubungkan dengan lapisan yang lain atau sebelum atau sesudahnya kecuali lapisan keluaran dan lapisan masukan. Data pada informasi oleh neural network akan dialirkan dari satu lapisan ke lapisan yang lain, dimulai dari lapisan input atau masukan sampai pada lapisan output atau keluaran dari lapisan tersembunyi.

3.2.1. Arsitektur Neural Network (Jaringan Syaraf Tiruan)

Menurut (Hermawan, 2006) neural network dibuat dan digunakan dengan konsep model dasar yang sama serta bersifat secara keseluruhan (General Rule). Neural network memiliki Arsitektur dalam menyelesaikan dan menentukan keberhasilan dari sebuah target pada jaringan, namun tidak semua target dengan arsitektur yang sama berhasil menyelesaikan permasalahannya. Arsitektur neural network terbagi menjadi 3 (tiga) macam bagian yaitu (Kusumadewi, 2010) :

- a) Single Layer Network (Jaringan Lapisan Tunggal).

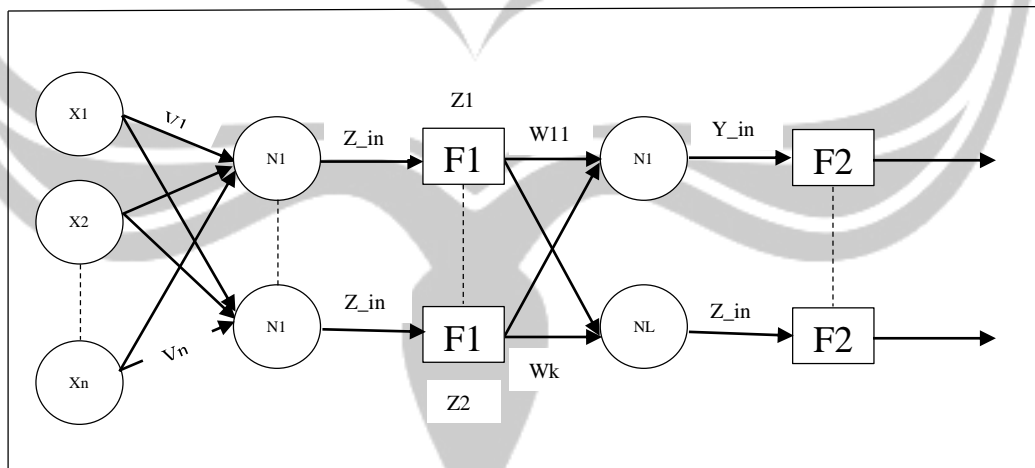
Tipe jaringan ini memiliki lapisan tunggal atau satu lapisan dengan bobo-bobot yang saling berhubungan satu sama lainnya yang langsung mengolah ketika menerima masukan dengan keluaran tidak harus melalui lapisan tersembunyi.

b) Multilayer Network (Jaringan Banyak Lapisan)

Tipe jaringan ini memiliki lapisan yang banyak atau memiliki lebih dari satu lapisan yang terletak diantara lapisan input dan output dengan satu atau lebih lapisan tersembunyi. Dengan begitu lapisan bobot-bobot terletak diantara dua lapisan yang saling berdekatan satu sama lainnya. Tipe jaringan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit dengan pembelajaran yang rumit daripada lapisan tunggal.

c) Competitive Layer Network (Jaringan Lapisan Kompetitif).

Tipe jaringan ini mempunyai suatu pengaturan yang sudah ditetapkan terhadap bobot-bobot tanpa proses pelatihan.



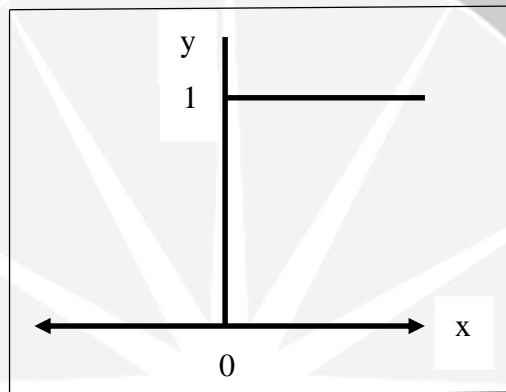
Gambar 3.3. Model Neuron dengan Banyak Lapisan (Kusumadewi, 2010)

3.2.2. Fungsi Aktivasi

Neural network memiliki fungsi aktivasi dalam penentuan output (keluaran) dari neuron. Berikut merupakan fungsi aktivasi yang digunakan dalam neural network, antara lain :

1. Fungsi Sigmoid Biner

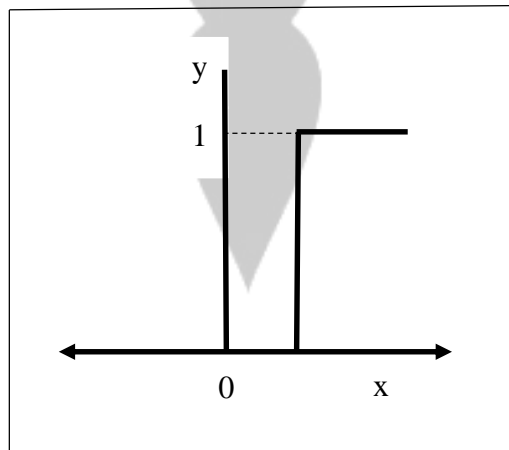
Pada fungsi ini dipergunakan dalam metode backpropagation untuk jaringan syaraf yang akan dilatih.



Gambar 3.4. Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner (Kusumadewi, 2010)

2. Fungsi Sigmoid Bipolar

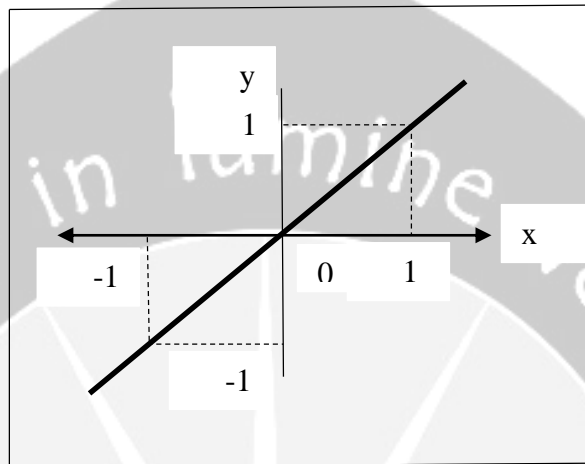
Pada fungsi ini hampir mempunyai tingkat kesamaan dengan fungsi sigmoid biner, akan tetapi output (keluaran) dari fungsi ini antara 1 sampai -1.



Gambar 3.5. Fungsi Aktivasi Sigmoid Bipolar (Kusumadewi, 2010)

3. Fungsi Linear (Identitas)

Pada fungsi ini mempunyai nilai output (keluaran) yang sama dengan nilai inputannya (masukan).



Gambar 3.6. Fungsi Aktivasi Linear (Kusumadewi, 2010)

3.3. Algoritma Backpropagation

Backpropagation adalah suatu algoritma pembelajaran yang terawasi dan digunakan oleh perceptron untuk mengubah bobot-bobot yang saling berhubungan dengan neuron-neuron pada lapisan tersembunyinya, dimana untuk mengubah neuron-neuron ini perceptron menggunakan banyak lapisan. Untuk mengubah nilai bobot pada arah Backward (mundur) maka backpropagation menggunakan *Error Output* dan untuk mendapatkan nilai error ini dilakukan tahapan Forward Propagation (Perambatan maju) terlebih dahulu. Pada saat Forward Propagation, maka neuron akan diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dapat dideferensiasikan seperti sigmoid (Kusumadewi, 2010) :

$$y = F(X) = \frac{1}{1+e^{-\sigma X}} \dots\dots\dots(1)$$

$$f'(X) = \sigma f(X)[1 - f(X)] \dots\dots\dots(2)$$

Atau seperti tangent sigmoid :

$$y = F(X) = \frac{e^X - e^{-X}}{e^X + e^{-X}} \dots\dots\dots (3)$$

$$f'(X) = [1 + f(X)][1 - f(X)] \dots\dots\dots (4)$$

Pelatihan Backpropagation dilakukan menggunakan langkah-langkah berikut ini :

Langkah ke-0 : Inisialisasi bobot;

Langkah ke-1 : Selama kondisi berhenti bernilai salah, kerjakan langkah 2-9;

Langkah ke-2 : Untuk setiap data *latihan*, lakukan langkah 3-8.

Feedforward (*Umpan Maju*)

Langkah ke-3 : Setiap unit input ($X_i, i = 1, \dots, n$) menerima sinyal input X_i dan menyebarkan sinyal tersebut ke seluruh unit tersembunyi.

Langkah ke-4 : Pada unit tersembunyi ($Z_j, j = 1, \dots, p$) menunjukkan sinyal-sinyal input yang sudah berbobot (termasuk biasanya)

$$Z_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n X_i V_{ij} \dots\dots\dots (5)$$

Lalu menghitung sinyal output dari unit tersembunyi dengan menggunakan fungsi fungsi aktivasi yang telah ditentukan :

$$Z_j = f(Z_in_j) \dots\dots\dots (6)$$

Sinyal output ini selanjutnya dikirim ke seluruh unit pada unit atas (unit output)

Langkah ke-5 : Tiap-tiap output ($Y_k, k = 1, \dots, m$) menjumlahkan bobot sinyal input :

$$y_{in_k} = w_{0k} + \sum_{i=1}^n Z_i w_{jk} \dots\dots\dots (7)$$

Lalu menghitung sinyal output dari unit output bersangkutan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan.

$$y_k = f(y_{in_k}) \dots\dots\dots (8)$$

Sinyal output ini selanjutnya dikirim keseluruh unit pada output.

Backpropagation of Error (*Umpan Mundur/ Propagasi Error*)

Langkah ke-6 : Setiap unit output ($Y_k, k = 1, \dots, m$) menerima suatu pola target yang sesuai dengan pola input pelatihan, untuk menghitung kesalahan (error) antara target dengan output yang dihasilkan jaringan

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \dots\dots\dots (9)$$

Factor δ_k digunakan untuk menghitung koreksi error (ΔW_{jk}) yang nantinya akan dipakai untuk memperbaiki W_{jk} , dimana

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j$$

Selain itu juga dihitung koreksi bias ΔW_{0k} yang nantinya akan dipakai untuk memperbaiki W_{0k} , dimana $\Delta W_{0k} = \alpha \delta_k$

Faktor δ_k kemudian dikirim pada lapisan yang berada pada langkah ke-7.

Langkah ke-7 : Setiap unit tersembunyi ($Z_j, j = 1, \dots, p$) menerima input delta (dari langkah ke-6) yang sudah berbobot

$$\delta_{in_j} = w_{0k} + \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \dots\dots\dots (10)$$

Kemudian hasilnya dikalikan dengan turunan dari fungsi aktivasi yang digunakan jaringan untuk menghitung informasi kesalahan error δ_j , dimana :

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(Z_{in_j}) \dots\dots\dots(11)$$

Kemudian hitunglah koreksi bobot (untuk memperbaiki V_{ij})

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \dots\dots\dots(12)$$

Setelah itu hitung koreksi bias (digunakan untuk memperbaiki V_{0j})

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \dots\dots\dots(13)$$

Adjustment (*Update Bobot dan Bias*)

Langkah ke-8 : Setiap unit output ($Y_k, k = 1, \dots, m$) memperbaiki bobot dan bias dari setiap unit tersembunyi ($j = 0, \dots, p$)

$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{jk} \dots\dots\dots(14)$$

Demikian pula untuk setiap unit tersembunyi ($Z_j, j = 1, \dots, p$) akan memperbaharui bobot dan bias dari setiap unit input ($i = 0, \dots, n$)

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \dots\dots\dots(15)$$

Langkah ke-9 : Test kondisi berhenti apabila error ditemukan

Jika kondisi STOP telah terpenuhi, maka pelatihan jaringan dapat dihentikan. Untuk memeriksa kondisi STOP, biasanya digunakan kriteria MSE (Mean Square Error) berikut ini :

MSE

= 0.5

$$X \{(t_{k1} - y_{k1})^2 + (t_{k2} - y_{k2})^2 + \dots + (t_{km} - y_{km})^2\} \dots\dots\dots (16)$$

3.4. Fuzzy Time Series

Fuzzy time series merupakan sebuah konsep baru yang disarankan oleh song dan Chissom yang didasarkan melalui teori himpunan fuzzy (fuzzy set) dan konsep variabel linguistik. Fuzzy time series digunakan untuk memprediksi atau meramalkan sesuatu yang akan datang berdasarkan data historis dengan nilai-nilai linguistik (Normalita Fauziah, 2016). Perbedaan utama dari fuzzy time series dan time series secara tradisional adalah dimana nilai-nilai dari fuzzy time series diwakili oleh fuzzy set dari nilai sesungguhnya, misalkan U adalah himpunan semesta, dimana $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$. Himpunan fuzzy dapat didefinisikan dalam himpunan semesta U yang dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$$A = f_A(u_1)/u_1 + f_A(u_2)/u_2 + \dots + f_A(u_n)/u_n \dots\dots\dots (17)$$

Dimana f_A menunjukan fungsi keanggotaan fuzzy set A $f_A : U \rightarrow [0,1]$ dan $f_A(u_i)$ menunjukan derajat keanggotaan u_i untuk himpunan fuzzy set A dan $f_A(u_i) \in [0,1]$ dan $1 \leq i \leq n$.

Biarkan $X(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$) menjadi himpunan semesta dan menjadi bagian dari R , dan diberi himpunan fuzzy set $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$) didefinisikan pada $X(t)$. Biarkan $F(t)$ menjadi koleksi dari $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$). kemudian, $F(t)$ disebut fuzzy time series dari $X(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$).

Jika $F(t)$ disebabkan oleh $F(t - 1)$, disimbolkan dengan $F(t - 1) \rightarrow F(t)$, maka hubungan ini dapat diwakili dengan $F(t) = F(t - 1) \circ R(t, t - 1)$, dimana simbol “o”

menyatakan operator komposisi max-min $R(t, t - 1)$ adalah hubungan fuzzy antara $F(t)$ dan $F(t - 1)$ dan disebut model orde pertama dari $F(t)$.

Biarkan $F(t)$ menjadi fuzzy time series dan membiarkan $R(t, t - 1)$ menjadi model orde pertama dari $F(t)$. Jika $R(t, t - 1) = R(t - 1, t - 2)$ untuk setiap waktu t , maka $F(t)$ adalah disebut waktu-invariant fuzzy time series. Jika $R(t, t - 1)$ tergantung pada waktu t , yaitu $R(t, t - 1)$ mungkin berbeda dari $R(t - 1, t - 2)$ untuk setiap t , maka $F(t)$ disebut waktu-variant fuzzy time series (Hsu, 2004).

Berikut adalah metode yang ditemukan oleh Song dan Chissom (Hsu, 2004) :

Langkah 1 : Definisikan himpunan semesta U dimana himpunan fuzzy didefinisikan.

Langkah 2 : Membagi himpunan semesta U menjadi beberapa bagian dengan panjang interval yang sama.

Langkah 3 : Menentukan beberapa variabel linguistik yang direpresentasikan oleh himpunan fuzzy dari interval-interval yang telah dibagi.

Langkah 4 : Fuzzyfikasikan data dan historik berdasarkan himpunan Fuzzy yang telah didefinisikan.

Langkah 5 : Memilih parameter w dimana $w > 1$, serta penentuan nilai $R^w(t, t-1)$ dan dilakukan peramalan dengan aturan $F(t) = F(t-1) \circ R^w(t, t-1)$, dimana $F(t)$ menotasikan himpunan fuzzy yang diramalkan pada waktu ke- t dan $F(t-1)$ menotasikan himpunan fuzzy dari data historik pada waktu $t-1$, dan

$$R^w(t, t - 1) = F^T(t - 2) \times F(t - 1) \cup F^T(t - 3) \times F(t - 2) \cup \dots \cup F^T(t - w) \times F(t - w + 1) \dots \dots \dots (18)$$

Dimana w merupakan dasar model yang menotasikan banyaknya waktu sebelum t , “ x ” adalah operator hasil kali cartesius dan T adalah operator transpos.

Langkah 6 : Defuzzyfikasikan himpunan fuzzy yang telah diramalkan dengan menggunakan neural nets, yaitu :

$$P'_{t+1} = P'_t * R_m, \dots\dots\dots (19)$$

Dimana P_t adalah vektor probabilitas pada keadaan waktu t , P_{t+1} adalah vektor probabilitas pada keadaan waktu $t + 1$, R_m adalah transisi pada matriks dan “ $*$ ” adalah operator perkalian matriks konvensional. Hal ini dijelaskan pada persamaan 19 adalah waktu invarian fuzzy time series disebabkan fakta bahwa itu tidak berubah dengan waktu. Gaya lain dari model markov disebut waktu variant model fuzzy time series yaitu sebagai berikut :

$$P'_{t+1} = P'_t * R_m^k, k = 1, 2, \dots, \dots\dots\dots (20)$$

Dimana, R_m^k bervariasi dengan waktu.

Panjang interval dalam perhitungan metode fuzzy time series untuk suatu peramalan dilakukan diawal proses perhitungan itu sendiri. Pembentukan fuzzy relationship sangat berpengaruh terhadap penentuan panjang interval yang berdampak pada perbedaan hasil perhitungan peramalan yang menggunakan pembelajaran algoritma secara genetika dengan jaringan syaraf yang mudah dan tidak memerlukan pola trend dalam proses peramalan atau prediksi (Steven, 2013).

3.5. Abrasi Pantai

Abrasi merupakan proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak (Setiyono, 1996). Erosi dengan abrasi pantai memiliki perbedaan, dimana erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ketempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat terkikis dan terangkut kemudian diendapkan pada suatu tempat lain (Banuawa, 2013). Perubahan iklim yang mengakibatkan kenaikan permukaan air laut mengidentifikasi dan memberi kontribusi terhadap terjadinya abrasi pantai (Elizabeth A. Pendleton, 2010).

Abrasi pantai juga didefinisikan sebagai mundurnya garis pantai dari posisi asalnya, dimana perubahan garis pantai ditandai dengan adanya suatu wilayah yang mengalami erosi (pengikisan) dan suatu wilayah yang mengalami akresi (sedimentasi). Peristiwa erosi dan akresi ini terjadi akibat pengaruh arus yang membawa angkutan sedimen dari berbagai sumber seperti laut, sungai atau material-material pantai sehingga transportasi sedimen ini terjadi secara terus menerus hingga menyebabkan peristiwa erosi dan akresi tersebut (Triatmodjo, 1999). Beberapa faktor alam yang berdampak langsung terhadap terjadinya abrasi pantai diantaranya antara lain : faktor kenaikan tinggi gelombang yang diakibatkan oleh kecepatan angin yang besar dan juga kenaikan pasang surut air laut yang berdampak pada pengikisan garis pantai. Adapun cara menentukan suatu pantai terkena dampak abrasi adalah salah satunya dengan melihat pengikisan butiran sedimen disepanjang area garis pantai tempat objek penelitian, maka untuk

menentukan Nilai faktor penentu Abrasi dengan menggunakan persamaan 21 yaitu sebagai berikut (Pethick, 1984) :

$$Go = (H_o/L_o) \cdot (Tg \alpha)^{0,27} \cdot (D_{50}/L_o)^{-0,67} \dots\dots\dots (21)$$

Keterangan : Go : Nilai Penentu Abrasi

H_o : Tinggi Gelombang (m)

L_o : Panjang Gelombang (m)

Tg α : Tangen Sudut Kemiringan Tepi Pantai (3⁰)

D₅₀ : Nilai Diameter Ukuran Butiran Sedimen (256 mm / 0,256 m)

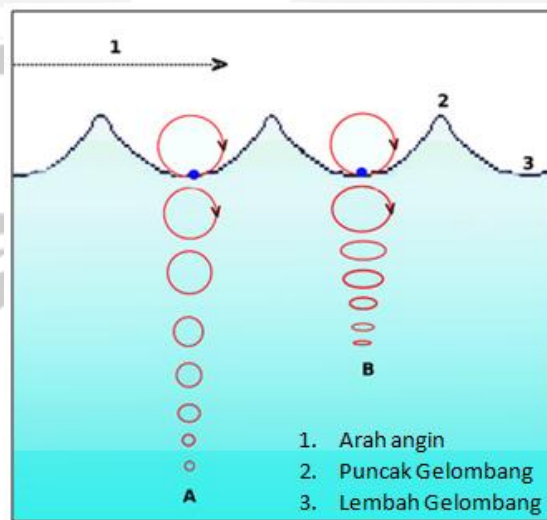
Persamaan diatas merupakan faktor penentu nilai abrasi yang akan digunakan peneliti untuk memprediksi abrasi dipantai Oesapa Kota Kupang.

3.6. Gelombang Laut

Gelombang laut terjadi dikarenakan perpindahan energi dari kekuatan angin yang kencang menuju permukaan laut, kekuatan ini bergerak melintasi permukaan laut, dimana air laut bergerak dalam gerakan circular motion atau memutar di bawah permukaan laut. Gelombang dapat meningkatkan energi dalam membentuk pantai, menimbulkan arus dan transportasi sedimen dalam suatu arah yang tegak lurus di sepanjang pantai, serta menyebabkan suatu gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama didalam penentuan tata letak pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya (Yosua Aditya Ratu, 2015). Gelombang laut sangat dipengaruhi oleh gaya tekanan atmosfer khususnya Angin. Semakin besar angin maka gelombang yang terbentuk semakin besar dan sebaliknya jika angin yang berhembus di permukaan laut kecil

maka gelombang kecil juga. Tinggi dan periode gelombang yang terbentuk dipengaruhi oleh kecepatan angin (Triatmodjo, 1999).

Gelombang yang ke arah pantai membentuk suatu gelombang yang berubah sehingga akhirnya pecah pada saat sampai ke pantai. Hal ini dikarenakan gerakan memutar partikel yang berada paling bawah gelombang sehingga mempengaruhi gesekan di dasar laut pada perairan dangkal. Hal ini membuat suatu perubahan yang sangat signifikan terhadap besarnya sifat gelombang. Gelombang akan bergerak maju kedepan dan tinggi gelombang naik mencapai kira-kira 80% dari kedalaman perairan. Dari perubahan ini mengakibatkan bentuk gelombang tidak stabil sehingga membuat pecah dan disertai dengan gerakan maju ke depan yang berkekuatan sangat besar. Kekuatan gelombang inilah yang akan mengikis sedimen atau material pasir (S. Hutabarat, 1985).



Gambar 3.7. Bentuk dan Bagian-Bagian Gelombang (Pustaka, 2016)

Sea merupakan suatu gelombang yang terbentuk pada daerah pertumbuhannya, sedangkan Swell terjadi dikarenakan gelombang yang dapat

keluar pada daerah pertumbuhannya. Gelombang mempunyai beberapa variasi arah rambat, frekuensi dan ukuran yang beragam yang dapat membuat permukaan air laut menjadi tidak teratur. Swell mempunyai frekuensi dan ukuran rendah yang saling berdekatan satu sama lainnya sehingga berdampak pada perambatan gelombang yang dinamis dan teratur pada permukaan laut. Proses pertumbuhan gelombang menunjukkan gelombang pendek tumbuh lebih cepat dari gelombang yang lebih panjang. Hal ini menunjukkan bahwa gelombang pendek mendapatkan kekuatan energi yang besar dari angin dibandingkan gelombang yang panjang (Pustaka, 2016). Panjang gelombang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 22 sebagai Berikut (Pethick, 1984) :

$$L_o = 1,56 \cdot T^2 \dots\dots\dots (22)$$

Dimana :

T = Periode Gelombang

L_o = Panjang Gelombang

Panjang gelombang membentuk dua puncak gelombang yang berurutan yang mencapai suatu ketinggian tertentu tergantung dari kecepatan angin, panjang gelombang seperti tsunami dan secara berurutan dapat mencapai 200 km. Setelah sampai dipantai gelombang naik (*run-up*) ke daratan yang bisa menghancurkan kehidupan di daerah pantai. Kembalinya air ke laut setelah mencapai puncak gelombang (*run-down*) bisa menyeret segala sesuatu kembali ke laut (Sjarief, 2010).

3.7. Pasang Surut Air Laut

Pasang surut air laut terjadi ketika bulan berada tepat diatas kepala kita, gravitasi menarik air laut ke arahnya sehingga menyebabkan gembungan gelombang yang menjauhi pantai. Pasang surut ini menyebabkan ketinggian air laut menurun, sedangkan pasang naik terjadi ketika bumi berotasi maka gembungan gelombang mengikuti posisi bulan terhadap bumi sehingga menyebabkan ketinggian air yang meningkat. Pasang surut dan pasang naik pada air laut dalam 24 jam 50 menit terjadi sebanyak 2 kali sehingga terjadi tarikan atau gravitasi bulan yang menaikkan air dari bagian permukaan bumi yang menghadap kearahnya (Matthews, 2005). Tipe pasang surut diklasifikasikan dengan frekuensi pasang dan surut setiap harinya, dimana jika terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari maka disebut Diurnal Tides atau pasang surut harian tunggal. Sedangkan jika terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari disebut Semi Diurnal Tides atau pasang surut harian ganda. Sementara peralihan dari pasang surut diurnal tides dan semi diurnal tides disebut pasang surut Mixed Tides atau pasang surut campuran, dimana pasang surut tipe ini dibagi menjadi 2 (dua) tipe yaitu : campuran dominasi ganda dan tipe campuran dominasi tunggal (Musrifin, 2011).

Karakteristik pasang surut laut dapat berbeda antara satu daerah dengan daerah lain. Malahan karakteristik pasang surut air laut untuk suatu daerah tidak dapat diketahui, padahal karakteristik ini sangat diperlukan oleh banyak pihak seperti nelayan ataupun para pemegang keputusan (Narni, 2004). Pasang besar terjadi dua kali dalam sebulan, hal ini dikarenakan bulan, matahari dan bumi berada pada kedudukan yang sama. Pasang naik yang besar ini terjadi diakibatkan oleh

energi bulan dan matahari yang menyatu. Sedangkan pasang surut yang besar diakibatkan sudut tegak lurus oleh matahari dan bulan terhadap bumi, sehingga kekuatan matahari membentuk sudut tegak lurus terhadap bumi sehingga kekuatan matahari berlawanan dengan kekuatan bulan (Oliver, 2004).

3.8. Sedimentasi

Batuan sedimentasi merupakan material hasil rombakan dari batuan beku, batuan metamorf, dan batuan sedimen lain yang dibawa oleh aliran sungai kemudian diendapkan ditempat lain baik didarat maupun dilaut contohnya batu pasir dan batu lempung. Endapan tersebut terkumpul disuatu tempat dimana saja dan mengalami proses pemadatan, konsolidasi, dan sementasi yang akhirnya akan mengeras dan kemudian disebut dengan batuan sedimen. Kebanyakan batuan sedimen terbentuk dari pecahan-pecahan batu yang tersusun menjadi lapisan-lapisan lalu mengeras dan membentuk batuan baru. Beberapa batuan sedimen terbentuk dari bahan organik atau mineral yang larut dalam air sebagai hasil proses kegiatan makhluk hidup, contohnya batu gamping hasil kegiatan terumbu karang dilaut (Sjarief, 2010). Proses sedimentasi sendiri berhubungan dengan sungai diantaranya yaitu pengendapan (deposition), transportasi sedimentas (transportsediment), erosi, pemadatan (Compaction) dan penyempitan palung dan dari sedimen itu sendiri. Karena proses sedimantasi sangat kompleks dengan dimulai dengan hujan sehingga dihasilkan energi kinetic yang memulai proses terjadinya erosi terhadap tanah yang menghasilkan partikel halus yang mengalir bersama aliran air hujan, sedangkan bagian lainnya terbawa oleh arus sungai

menuju laut dan menjadi sedimen. Sedimen memiliki berbagai bentuk yang sangat banyak dan kompleks, mulai dari bentuk yang pipih dan mempunyai kecepatan endap yang lebih kecil sehingga lebih sulit diangkut dengan suatu partikel yang lebih bulat. Sedangkan yang berbentuk bulat rata-rata kelengkungan butirannya lebih besar dari radius lingkaran (Hendar Pangestu, 2013).

Proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat aliran tetapi juga tergantung pada sifat-sifat sedimen itu sendiri. Pada alur yang curam, daerah mana merupakan obyek dari pekerjaan bangunan pengendali sedimen ada dua fenomena dari gerak sedimen. Sedimentasi terjadi apabila banyak-nya sedimen yang terangkut lebih besar daripada kapasitas sedimen yang ada. Sungai selalu berubah-ubah baik bentuk, aliran, pengangkutan sedimen dan keka-saran dasar sungai, hal ini disebabkan karena faktor sifat-sifat aliran air, sifat-sifat sedimen, dan pengaruh timbal balik (inter-action). Faktor-faktor tersebut selalu berubah secara terus menerus sejalan dengan kondisi curah hujan yang terjadi. Proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat aliran tetapi juga tergantung pada sifat-sifat sedimen itu sendiri (Priyantoro, 1987). Beberapa faktor pengaruhnya ukuran butir batuan sedimen antara lain : energi pengendapannya, variasi ukuran terhadap asal butiran sedimen, dan proses transportasi sedimen. Dari faktor diatas digunakan untuk menganalisa ukuran butiran sedimen secara lengkap dan jelas (Boggs, 1987).

Dari material sedimen yang ada didapatkan ukuran yang bervariasi. Udden (1898) membuat skala ukuran butiran sedimen dan pada tahun 1922 Wenworth memodifikasinya menjadi Udden-Wenworth (1922). Ukuran butiran sedimen

ditetapkan mulai dari $<1/256$ hingga $>256\text{mm}$ dan dibagi meliputi empat bagian yang besar, yaitu *gravel*, *silt*, *clay*, dan *sand*. Setelah itu skala Udden-Wenworth banyak digunakan (TryFor3, 2013).

-8	256 mm	Boulders	Sediment: GRAVEL
-6	64 mm	Cobbles	Rock: RUDITES: (conglomerates, breccias)
-2	4 mm	Pebbles	
-1	2 mm	Granules	
0	1 mm	Very Coarse Sand	Sediment: SAND
1	1/2 mm	Coarse Sand	
2	1/4 mm	Medium Sand	
3	1/8 mm	Fine Sand	
4	1/16 mm	Very Fine Sand	Rocks: SANDSTONES (arenites, wackes)
8	1/256 mm	Silt	
		Clay	
			Sediment: MUD
			Rocks: LUTITES (mudrocks)

Gambar 3.8. Klasifikasi ukuran butir skala Udden-Wentworth (GEOFACTS, 2010)

Pada tahun 1934, Krumbein melakukan transformasi logaritmik dari skala diatas yang dikenal dengan skala phi $\Phi = -\log^2 d$, dengan d adalah ukuran butir dalam mm, sedangkan phi mendapatkan nilai yang positif dan negatif. Nilai phi akan menjadi negatif jika butiran sedimen besar dalam ukuran mm, begitu pula sebaliknya jika butiran sedimen kecil dalam ukuran mm maka nilai phi menjadi positif. Logaritma negatif dari ukuran butiran sedimen (mm) dipilih oleh Krumbein dikarenakan lebih banyak dijumpai dilapangan ukuran butiran pasir yang lebih halus dari batuan sedimen yang ada. Dengan begitu dapat dilakukan pengukuran langsung pada sedimen dan melakukan penghalusan atau pengayakan berukuran gravel terhadap pasir dan lempung. Sedangkan sampel yang didapatkan dapat mewakili berbagai sampel dilapangan kemudian dapat dilakukan dengan metode

splitting dalam praktikum quartering di laboratorium. Quartering digunakan saat menuangkan sampel pada corong yang terbagi dalam empat kuadran disebuah karton yang tegak lurus. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan maka semua proses tadi dilakukan terus menerus dan berulang kali.

Analisis ukuran butiran sedimen dengan beberapa metode dan cara yang dilakukan yaitu dengan cara matematis dan grafis. Semua analisis dilakukan untuk mendapatkan berbagai parameter, baik itu nilai pengukuran pada butiran sedimen yang meliputi kurtosis, skewness, dan ukuran butir rata-rata (mean). Perhitungan secara matematis dan grafis dapat menentukan nilai parameter diatas. Perhitungan matematis digunakan persamaan umum momen pertama dengan asumsi bahwa distribusi kurva frekuensinya bersifat normal atau Gaussian, sedangkan perhitungan dengan grafis digunakan persamaan berdasarkan nilai phi pada sumbu kurva horizontal persentase frekuensi kumulatif (TryFor3, 2013).

3.9. Kecepatan Angin

Angin merupakan pergerakan udara yang diakibatkan oleh tingkat perbedaan terhadap suatu tekanan dengan aliran angin yang memiliki tekanan yang tinggi ke tekanan yang rendah pada daerah dengan temperatur atau bersuhu rendah terhadap suatu wilayah yang temperatur dan suhunya tinggi (Arsyad, 1983). Angin muson terjadi pada daerah yang dekat dengan garis ekuator. Angin muson ini adalah angin yang menyebabkan terjadinya hujan lebat. Terjadinya hujan diawali ketika matahari memanasi air laut, kemudian air laut yang menguap tersebut membentuk tumpukan-tumpukan awan besar. Kemudian ketika angin muson berhembus

tumpukan-tumpukan awan tersebut bergerak menuju kedaratan, dan setelah itu terjadilah hujan dalam waktu yang cukup lama selama berminggu-minggu (Oliver, 2004).

Kekuatan angin dapat diukur dengan Skala Beaufort (Lihat Tabel 1.). Skala kecepatan angin Beaufort diperkenalkan pada tahun 1806 oleh seorang angkatan laut Inggris bernama Jenderal Sir Francis Beaufort (1774-1857). Sir Francis Beaufort menjelajahi dan menggambar peta laut dunia. Dia menggunakan Skala itu untuk menggambarkan efek yang ditimbulkan oleh angin di kapal layar penelitiannya. Angin topan berada pada ukuran tertinggi Skala Beaufort (Morris, 2002).

Tabel 3.1. Skala Beaufort

Kekuatan	Keterangan	Kecepatan (km/jam)
0	Tenang	<1
1	Sedikit Angin	1 – 5
2	Angin Lembut	6 - 11
3	Angin Sepoi-Sepoi	12 – 19
4	Angin Sedang	20 – 28
5	Angin Segar	29 – 38
6	Angin Sendalu	39 – 49
7	Mendekati Angin Kencang	50 – 61
8	Angin Kencang	62 – 74
9	Angin Sangat Kencang	75 – 88
10	Badai	89 – 102
11	Badai Besar	103 – 118
12	Angin Topan	>119

Sumber : (Morris, 1999)

Tekanan udara yang disebabkan karena udara memiliki berat sehingga menekan bumi beserta isinya disebut tekanan udara. Sehingga semakin banyak udara diatas maka semakin kuat pula tekanan atmosfernya dan demikian pula

sebaliknya. Contohnya jika seseorang berada ditempat yang semakin tinggi maka semakin sedikit udara yang ada diatasnya maka semakin rendah pula tekanannya. Udara panas bergerak naik karena udara panas lebih ringan dari pada udara dingin. Pada daerah yang memiliki udara panas memiliki tekanan rendah, hal ini disebabkan karena pada daerah yang memiliki udara panas bersifat menyebar, sehingga partikel-partikel udara terpisah lebih jauh. Sedangkan pada daerah yang memiliki udara yang dingin maka temperaturnya tinggi, hal ini disebabkan karena letak partikel-partikel penyusunnya saling berdekatan. Sehingga karena pola air tekanan udara yang mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, maka pada daerah yang memiliki udara dingin akan menuju daerah yang bertekanan rendah (Gemmell, 2004). Kecepatan angin 1 knot adalah 1.8520 km/jam atau 1 knot sama dengan 0,51444 meter/detik. Berikut adalah tabel 3.2. dan tabel 3.3. yaitu konversi ukuran knot ke km/jam dan ke meter/detik.

Tabel 3.2. Konversi Knot ke km/jam

Knots	Kilometer per jam	Knots	Kilometer per jam	Knots	Kilometer per jam
0.0000	0.0000	20.000	37.040	40.000	74.080
1.0000	1.8520	21.000	38.892	41.000	75.932
2.0000	3.7040	22.000	40.744	42.000	77.784
3.0000	5.5560	23.000	42.596	43.000	79.636
4.0000	7.4080	24.000	44.448	44.000	81.488
5.0000	9.2600	25.000	46.300	45.000	83.340
6.0000	11.112	26.000	48.152	46.000	85.192
7.0000	12.964	27.000	50.004	47.000	87.044
8.0000	14.816	28.000	51.856	48.000	88.896
9.0000	16.668	29.000	53.708	49.000	90.748
10.000	18.520	30.000	55.560	50.000	92.600
11.000	20.372	31.000	57.412	51.000	94.452
12.000	22.224	32.000	59.264	52.000	96.304
13.000	24.076	33.000	61.116	53.000	98.156
14.000	25.928	34.000	62.968	54.000	100.01
15.000	27.780	35.000	64.820	55.000	101.86
16.000	29.632	36.000	66.672	56.000	103.71
17.000	31.484	37.000	68.524	57.000	105.56
18.000	33.336	38.000	70.376	58.000	107.42
19.000	35.188	39.000	72.228	59.000	109.27

Sumber : (Conversions, 2016)

Tabel 3.3. Konversi Knot ke meter/detik

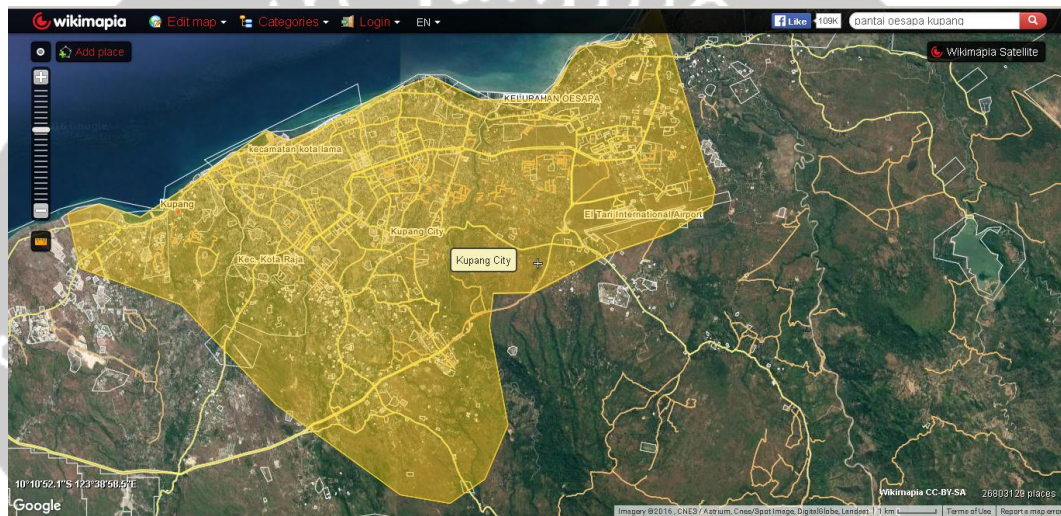
Knots	Meter per second	Knots	Meter per second	Knots	Meter per second
0.0000	0.0000	20.000	10.289	40.000	20.578
1.0000	0.51444	21.000	10.803	41.000	21.092
2.0000	1.0289	22.000	11.318	42.000	21.607
3.0000	1.5433	23.000	11.832	43.000	22.121
4.0000	2.0578	24.000	12.347	44.000	22.636
5.0000	2.5722	25.000	12.861	45.000	23.150
6.0000	3.0867	26.000	13.376	46.000	23.664
7.0000	3.6011	27.000	13.890	47.000	24.179
8.0000	4.1156	28.000	14.404	48.000	24.693
9.0000	4.6300	29.000	14.919	49.000	25.208
10.000	5.1444	30.000	15.433	50.000	25.722
11.000	5.6589	31.000	15.948	51.000	26.237
12.000	6.1733	32.000	16.462	52.000	26.751
13.000	6.6878	33.000	16.977	53.000	27.266
14.000	7.2022	34.000	17.491	54.000	27.780
15.000	7.7167	35.000	18.006	55.000	28.294
16.000	8.2311	36.000	18.520	56.000	28.809
17.000	8.7456	37.000	19.034	57.000	29.323
18.000	9.2600	38.000	19.549	58.000	29.838
19.000	9.7744	39.000	20.063	59.000	30.352

Sumber : (Conversions, 2016)

Selain mempunyai tekanan, angin juga mempunyai arah. Pola angin didunia disebut angin global. Pola hembusan angin dibagi dalam 3 daerah, hal ini tergantung dari arah hembusannya. Pola angin didua belahan bumi merupakan bayangan cermin dari satu sama lain (Oliver, 2004).

3.10. Profil Wilayah Administrasi Kota Kupang

Sebagai Ibukota dari Provinsi Nusa Tenggara Timur, secara geografis Kota Kupang terletak pada 10° 36' 14" - 10° 39' 58" Lintang selatan dan 123° 32' 23" - 123° 37' 01" Bujur Timur dengan luas wilayah sekitar 18.027 Ha yang terbagi menjadi enam kecamatan dan 51 kelurahan/desa (BAPPEDA, 2013).



Gambar 3.9. Peta Luas Area Kota Kupang (wikimapia, 2016)

Adapun batas wilayah administratif Kota Kupang akan ditunjukkan pada tabel 3.4. yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.4. Batas Wilayah Administratif Kota Kupang

Geografi	Kota Kupang
Sebelah Utara	Teluk Kupang
Sebelah Selatan	Kecamatan Nekamese dan Kecamatan Taebenu Kabupaten Kupang
Sebelah Timur	Kecamatan Kupang Tengah Kabupaten Kupang
Sebelah Barat	Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang

Sumber : (Kupang, 2016)

Kota Kupang memiliki 51 Kelurahan dengan 6 Kecamatan yang berada diwilayahnya (Kupang, 2016).

